Doi: 10.11840/j.issn.1001-6392.2023.01.009

基于模糊网络耦合模型的舟山蓝色海湾整治项目综合社会效益评估研究

王琼¹, 周晖杰², 葛春盈¹, 费岳军¹, 李政³

(1. 自然资源部宁波海洋中心, 浙江 宁波 315012; 2. 宁波大学 科学技术学院, 浙江 宁波 315211;
3. 宁波大学 海洋学院, 浙江 宁波 315211)

摘 要: 模糊网络耦合模型 (Fuzzy-ANP) 是一种兼顾数理性和系统性的社会效益评价工具, 因其对不同评价指标相互影响的深度考量而被广泛运用于复杂社会工程项目的效益评价中。本文引入模糊网络耦合模型对舟山蓝色海湾整治行动项目的综合社会效益进行评估, 通过构建基础模型、优化指标体系、综合系统测评, 最终形成对项目的综合社会效益总评 (83.53 分)。评价结果不仅能对项目整体社会效益作出判断, 亦有益于项目后期维护实施及同类项目效益测评参考。

关键词: 蓝色海湾整治行动; 综合社会效益评估; 模糊网络耦合模型

中图分类号: P74; F205

文献标识码: A

文章编号: 1001-6932(2023)01-0074-07

Comprehensive social benefit evaluation of the Zhoushan Blue Bay Renovation Project based on Fuzzy-ANP Model

WANG Qiong¹, ZHOU Huijie², GE Chunying¹, FEI Yuejun¹, LI Zheng³

(1. Ningbo Marine Center, MNR, Ningbo 315012, China; 2. School of Science and Technology, Ningbo University, Ningbo 315211, China;
3. School of Oceanography, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: Fuzzy-ANP is a social benefit evaluation tool that takes into account both mathematical rationality and systemicity. It is widely used in the benefit evaluation of complex social engineering projects because of its in-depth consideration of the mutual influence of different evaluation indicators. This paper introduced a fuzzy network coupling model to evaluate the comprehensive social benefits of the Zhoushan Blue Bay Remediation Action Project. Through constructing of a basic model, optimizing the index system, and conducting the comprehensive evaluation, a general evaluation of the comprehensive social benefits of the project (83.53 points) was finally formed. The evaluation results not only make judgments on the overall social benefits of the project, but also benefit the later maintenance and implementation of the project and provide reference for similar projects.

Keywords: Blue Bay Remediation Action; comprehensive social benefit evaluation; Fuzzy-ANP Model

随着我国海洋经济建设的全面推动, 海洋环境保护也日益受到社会各界广泛关注。国家海洋环境监测中心发布的《2020 年中国海洋生态环境状况公报》显示, 我国近岸海域环境保护形势严峻, 局部海域污染突出。我国管辖海域未达到

第一类海水水质标准的有 94 930 km², 劣四类水质的海域面积有 30 070 km²; 实时监测的所有入海河流国控断面, 入海河流水质状况总体为轻度污染。监测海洋生态系统健康状况, 发现多处海域海水呈现富营养化状态, 迫切需要加强近海海

收稿日期: 2019-08-12; 修订日期: 2022-03-03

基金项目: 中央海岛海域保护资金专项; 全国教育科学规划 2020 年度课题 (BIA200204); 宁波市公益类科技计划 (202002N3100)

作者简介: 王琼 (1981-), 硕士, 高级工程师, 主要从事海洋环境监测评价、海岸线整治修复技术研究, 电子邮箱: piaoxue17@126.com

域特别是海域开发强度最高的近海海湾的环境保护及生态修复。自 2016 年起,中央先后支持 50 余个沿海城市开展“蓝色海湾”整治工作,仅 2019 年就有 8 个沿海省(区、市)申报“蓝色海湾”整治实施方案 20 余个,包含项目超过 100 个,预计总投资近 200 亿元。蓝色海湾整治行动工程将对重点海域、海岸、海滩、海湾、海岛进行全面环境整治和生态修复,逐步实现“水清、岸绿、滩净、湾美、岛丽”的海洋生态文明建设目标。2021 年 3 月 11 日,十三届全国人大四次会议表决通过了关于国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要的决议,纲要指出要完善海岸线保护,打造可持续海洋生态环境,加快海洋强国的建设。进一步做好蓝色海湾整治行动工程,提升工程的衍生价值和综合效益,无疑具有更为重要的意义。

为实现蓝色海湾整治行动项目实施的初衷,需要全程对项目的社会效益、经济效益、生态效益、景观效益等进行监测和评估,其中社会效益是关键性指标^[1]。社会效益相对于比较直观的经济效益而言,更具有间接性和持续性,其一般是指项目实施和运行过程中,给项目利益相关者带来的非经济收益的总和,比如给项目周边人居环境、文化氛围带来的综合性影响,相对更加“隐形”和“难以具体测量”。当前对社会效益评价的常见适用方法如熵值法^[2-3]、数据包络分析法^[4-5]、模糊物元分析法^[6-7]等多种方式。虽然这些方法能够较为客观、系统地评价区域社会效益,但这些方法存在缺乏普适性或缺乏定量数据的缺点。例如最为常用的层次分析法^[8],实际运用中往往容易困扰于如何构造、检验和修正判断矩阵的一致性问题,和计算判断矩阵各要素的权重。鉴于蓝色海湾整治行动评价工作涉及指标因素繁多,且指标间作用关系复杂,本研究以 Fuzzy-ANP 作为基础研究方法,该方法在工程评估、环境监测、效益评价等领域得到广泛运用和认可^[9-11],并在 Fuzzy-ANP 方法基础上根据蓝色海湾工程实际特点进行改良。

1 舟山蓝色海湾整治行动概况

浙江是海洋大省,2017 年以来,已经有多地涉海整治项目入选蓝色海湾整治行动中央财政支持

序列,本研究所选择项目——舟山蓝色海湾整治工程项目,就是其中的典型代表之一。该地区近岸海域在整治工程项目实施之前发生赤潮多起,累计影响面积超 1 000 km²,船舶与陆源污染物直接排入港区的情况时有发生,海湾整体环境形势不容乐观。此外,根据估算,该地区平均日排污水量 2.74 × 10⁴ m³,其中沈家门港湾区域内部分岸段周边企业及居民区排污管道没有直接或间接接入污水处理厂,而是一部分直排入海,另一部分在直排入周边河道后经由河道复排入海湾内,导致海湾水质污染严重,活性磷酸盐、无机氮含量超标,水质长期为劣四类,基本丧失正常生态自净修复功能。

该区域涉海综合整治项目于 2016 年 11 月被原国家海洋局列入 2016—2017 年度(中央)海岛和海域保护资金项目计划。项目集中开展海洋生态环境提升、滨海及海岛生态环境提升、生态环境监测及管理能力建设等三大工程,共分为海湾海底清淤工程、城防加固工程、城防海塘建设工程、沿岸码头拆除及湿地恢复工程等 20 个子工程,实施周期为 2016—2019 年。具体包括海湾海底清淤 3.52 × 10⁶ m³,陆源入海污水截流 3.5 km 和生态湿地恢复 1.35 × 10⁵ m²;滨海及海岛生态环境提升工程,包括近岸构筑物清理整治 1 312 m、滨海生态廊道建设 7.9 km、建设海岛生态公园 3 处,海湾实时监控、海湾生态环境管理能力、海湾环境监测能力建设以及生态环境监测及评估等工程。

本文运用 Fuzzy-ANP 评估模型,以 2 年为间期分三批截取 2017 年 1 月(A₁)、2019 年 6 月(A₂)、2021 年 6 月(A₃)数据,对舟山蓝色海湾整治工程的社会效益进行工程实施前后评估,相应系数根据工程前后基准差调整,即(A₃-A₂)/(A₂-A₁)。通过此次评估研究,掌握该项目在实施过程中对社会、海洋环境的影响情况,确定项目实施完成后对水域生态、社会舆论等方面的影响,为未来该地区的生态和经济建设提供第一手数据,并希望能为国内其他城市蓝色海湾工程效益评价提供借鉴。

2 研究方法

2.1 模糊网络耦合模型

网络分析法 (Analytic network process, ANP)

源于 Saaty 教授在 20 世纪 80 年代提出的反馈 AHP 思想^[12-13],即在 AHP 基础上进一步建立网络结构模型,以更好地探索指标间的复杂关系。之后在 Khoshi 等学者的不断完善下,ANP 逐渐由一种理论衍生为成熟的模糊网络分析工具^[14]。本文运用模糊网络耦合模型对舟山蓝色海湾整治行动的综合社会效益进行评价,即将模糊综合评判法与 ANP 法相结合,对指标权重及作用关系等模糊性问题进行量化,得出更具数理意义的效益评价结果。

2.2 指标体系构建

蓝色海湾整治工程的社会效益在于整治工程对经济发展、公民素质和公民幸福指数等方面所做的各种贡献,反映基础设施部门资源利用、劳动消耗与全社会发展有益成果之间的对比关系。从表 1 可知,本文将综合社会效益划分为 5 个维度,即经济发展、社会民生、休闲娱乐、疗养保健和文化教育,每个维度下设立若干具体指标。从具体指标来看,由于相关指标直接量化困难,为保证舟山蓝色海湾整治项目社会效益评价的全面性、准确性、科学性,指标的选取采用资料统计法、理论分析法与专家评价相结合的方法,选取适合舟山海湾社会、经济以及生态特点的社会效益评价指标。

首先,根据“模糊问题诊断和决策方案”^[15]进行模糊综合评价指标体系构建,通过查询相关文献,尽可能选取出现频次较高的指标;再根据社会效益及其评价的相关理论,删减、拟定详细的评价指标;最后,根据 ANP 法原理和评价指标体系,判断指标间相互影响关系,并结合有关专家意见,对指标进行调整与修正,构建指标体系结构。需要特别说明的是,在指标设计过程中,指标选择考虑了项目所在地舟山沈家门港湾及鲁家峙岛区块的产业经济特征,重点涉及旅游业、运输业、渔业、房地产业等产业增长情况,并对每一项指标的内涵边界做出统计说明。调查范围及对象主要涉及沈家门港湾及鲁家峙岛的社区(村庄)群众及游客,配套以对专家或地方政府部门工作人员的面访,提高问卷调查的信效度。

根据新构建的舟山海湾社会效益评价指标体系,确定社会效益评价指标集 $E, E=(e_1, e_2, \dots, e_i)$, e_i 表示指标层的第 i 个指标。其中 e_{11} 、 e_{12} 、 e_{13} 、 e_{14} 、 e_{15} 、 e_{21} 、 e_{31} 、 e_{41} , 为定量指标,其余为定性指标(表 1)。

表 1 项目社会效益评价指标体系框架

一级指标	二级指标
经济发展 c_1	区域房地产发展水平 e_{11}
	区域旅游业年增长率 e_{12}
	区域海湾集疏运条件 e_{13}
	渔业总产值增长率 e_{14}
	建城区面积增长率 e_{15}
	投资环境改善状况 e_{16}
社会民生 c_2	居民就业人数年增长率 e_{21}
	居民生活质量改善状况 e_{22}
	居民环保意识提高程度 e_{23}
	基础设施建设改善程度 e_{24}
休闲娱乐 c_3	物种多样性 e_{31}
	吸引游客量 e_{32}
	生态旅游区形象改观度 e_{33}
	游客游玩满意程度 e_{34}
	□主观幸福感提高程度 e_{35}
疗养保健 c_4	人均绿化面积 e_{41}
	人体舒适度 e_{42}
	疗养人均最大支付值 e_{43}
文化教育 c_5	游客环保意识提高程度 e_{51}
	与当地文化的协调性 e_{52}
	游客主观审美评价 e_{53}
	生态教育宣传情况 e_{54}

2.3 评价指标权重确定

根据指标集初步建立由控制因素层(目标层)及网络层共同构建的网络结构模型,网络层中各指标权重采用三角模糊数方式 $M=(1, m, u)$ 来整合意见,转化为确定性区间数值($1 \leq m \leq u$, 1 和 u 为 M 支撑的上下界, m 为中值),相关模糊转化标度参考陈红光等学者^[11]的语言标度计数法,结合德尔菲法适当调整,依据三角模糊数方式建立模糊矩阵。三角模糊转化标度如表 2 所示。

表 2 重要性语言标度

重要语言标度	三角模糊标度	三角模糊倒数标度
同等重要	(1/2 1 3/2)	(2/3 1 2)
稍微重要	(5/2 3 7/2)	(2/7 1/3 2/5)
明显重要	(9/2 5 11/2)	(2/11 1/5 2/9)
强烈重要	(13/2 7 15/2)	(2/15 1/7 2/13)
极其重要	(17/2 9 19/2)	(2/19 1/9 2/17)
中间值	(3/2 2 5/2), (7/2 4 9/2), (11/2 6 13/2), (15/2 8 17/2)	
中间值倒数	(2/5 1/2 2/3), (2/9 1/4 2/7), (2/13 1/6 2/11), (2/17 1/8 2/15)	

网络层设 5 个元素组,其中 C_i 中有元素 e_{i1} , $e_{i2}, \dots, e_{im}$, $i=(1, 2, \dots, N)$ 。以 C_j 中元素 $e_{jl}(l=1, 2,$

..., m) 为准则, 元素组 C_i 中元素按其对于 e_{jl} 的影响程度大小进行间接优势度比较, 建立两两比较矩阵:

$e_{j1}, e_{j2}, \dots, e_{jn}$	归一化特征向量
e_{j1}	W_{j1}
$\vdots$	$\vdots$
e_{jn}	a_{jn}

用特征根法求得权重向量, 得到模糊超矩阵:

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} W_{i1}^{(jl)} & \dots & W_{i1}^{(jm)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{in}^{(jl)} & \dots & W_{in}^{(jm)} \end{bmatrix}$$

得到模糊超矩阵:

$$W = \begin{bmatrix} W_{11} & \dots & W_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{M1} & \dots & W_{MN} \end{bmatrix}$$

确定模糊超矩阵中每一列块间的相对权重, 即各元素组对 $C_j (j=1, 2, \dots, N)$ 的重要性进行间接优势度比较:

$C_j, C_1, \dots, C_N$	归一化特征向量
C_1	a_{1j}
$\vdots$	$\vdots$
C_N	a_{Nj}

由此得到加权矩阵:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{N1} & \dots & a_{NN} \end{bmatrix}$$

在此基础上, 进一步确定模糊超矩阵中各列间相对权重, 以此进行间接优势度比较, 并得到加权矩阵 $\bar{W}$, 其中 $\bar{W} = W * A = W_{ij} * a_{ij} (i=1, 2, \dots, N, j=1, 2, \dots, N)$, 相关计算用 Matlab 软件完成, 得出评价指标权重如表 3 所示。

2.4 评判等级集确定

本研究中社会效益的评价指标按 5 分法定值, 并针对不同指标对各等级赋值。其中定量指标参考相关研究数据确定, 定性指标同样采用 5 分法确定, 其中等级数为 9、7、5、3、1, 等级系数为 100、80、60、40、20, 得到评判等级集如表 4 所示。

2.5 隶属度确定

采取实地探访、问卷调查和专家评价等方式,

表 3 项目涉及区域社会效益评价指标权重表

三级指标	获取方式	权重
区域房地产发展水平 e_{11}	统计资料	0.032
区域旅游业年增长率 e_{12}	统计资料	0.044
区域海湾集疏运条件 e_{13}	统计资料	0.035
渔业总产值增长率 e_{14}	统计资料	0.011
建城区面积增长率 e_{15}	统计资料	0.025
投资环境改善状况 e_{16}	专家打分	0.043
居民就业人数年增长率 e_{21}	统计资料	0.033
居民生活质量改善状况 e_{22}	居民调查	0.064
居民环保意识提高程度 e_{23}	居民调查	0.062
基础设施建设改善程度 e_{24}	专家打分	0.078
物种多样性 e_{31}	统计资料	0.045
吸引游客量 e_{32}	统计资料	0.063
生态旅游形象改观度 e_{33}	专家打分	0.067
游客游玩满意程度 e_{34}	游客调查	0.055
主观幸福感提高程度 e_{35}	游客调查	0.044
人均绿化面积 e_{41}	统计资料	0.022
人体舒适度 e_{42}	综合调查	0.064
疗养人均最大支付值 e_{43}	游客调查	0.042
游客环保意识提高程度 e_{51}	游客调查	0.042
与当地文化的协调性 e_{52}	游客调查	0.062
游客主观审美评价 e_{53}	游客调查	0.033
生态教育宣传情况 e_{54}	游客调查	0.034

计算确定指标隶属度等相关数据。共发放游客代表调查问卷 600 份, 有效回收 569 份; 发放周边市民代表调查问卷 600 份, 收回有效问卷 547 份。由蓝色海湾项目管理方、区域海洋渔业部门专家、高校涉海学科教授等专家组成 11 人评价组, 整合三方面调查数据和专家意见, 对问卷进行数理统计分析及指标拟合, 得到指标隶属度如表 5 所示。

继续依照模糊综合评价法综合评价结果, 并结合评判等级系数, 运用加权平均法求得各准则层指标的评价分值, 将所有的网络层分值相加获取项目社会效益总分值 (表 6)。

3 结果与讨论

3.1 整体社会效益评价及分析

本研究运用模糊网络耦合对舟山蓝色海湾整治行动的社会效益进行综合测评, 最终测评总分为 83.53, 在同类项目测评中处于优等水平, 这一结果与舟山蓝色海湾整治行动的实施情况基本吻合, 表明项目整体实施符合期望。舟山蓝色海湾整治行

表 4 项目社会效益评价指标等级集

指标	评价标准				
	100	80	60	40	20
区域房地产发展水平 e_{11}	>5%	(0, 5%]	(-5%, 0]	(-10%, -5%]	$\leq -10\%$
旅游产业经济年增长率 e_{12}	>5%	(0, 5%]	(-5%, 0]	(-10%, -5%]	$\leq -10\%$
海湾集疏运条件 e_{13}	>5%	(0, 5%]	(-5%, 0]	(-10%, -5%]	$\leq -10\%$
渔业总产值增长率 e_{14}	>5%	(0, 5%]	(-5%, 0]	(-10%, -5%]	$\leq -10\%$
建城区面积增长率 e_{15}	>5%	(0, 5%]	(-5%, 0]	(-10%, -5%]	$\leq -10\%$
投资环境改善状况 e_{16}	9	7	5	3	1
当地居民就业人数年增长率 e_{21}	>5%	(0, 5%]	(-5%, 0]	(-10%, -5%]	$\leq -10\%$
当地居民生活质量改善状况 e_{22}	9	7	5	3	1
当地居民环保意识提高程度 e_{23}	9	7	5	3	1
当地基础设施建设改善程度 e_{24}	9	7	5	3	1
物种多样性 e_{31}	>25%	(20%, 25%]	(10%, 20%]	(5%, 10%]	$\leq 5\%$
吸引游客量(年均游客量/游客容量) e_{32}	(70%, 100%]	(50%, 70%]	(40%, 50%]	(30%, 40%]	$\leq 30\%$
生态旅游形象改观程度 e_{33}	9	7	5	3	1
游客游玩满意程度 e_{34}	9	7	5	3	1
主观幸福感提高程度 e_{35}	9	7	5	3	1
人均绿化面积 e_{41}	>25%	(20%, 25%]	(10%, 20%]	(5%, 10%]	$\leq 5\%$
人体舒适度 e_{42}	0	1/-1	2/-2	3/-3	4/-4
游客对疗养人均最大支付值 e_{43}	400 元以上	301~400 元	201~300 元	101~200 元	100 元以下
游客环保意识的提高程度 e_{51}	9	7	5	3	1
与当地文化的协调性 e_{52}	9	7	5	3	1
游客主观审美评价 e_{53}	9	7	5	3	1
生态文化宣传教育情况 e_{54}	9	7	5	3	1

动项目自实施以来,对相关陆域、海域进行全面的环境改造和生态维护,工作成绩显著,直接的工作数据包括:海湾海底清淤 $3.52 \times 10^6 \text{ m}^3$,陆源入海污水截流 3.5 km 和生态湿地恢复 $1.35 \times 10^5 \text{ m}^2$;实施渔港废旧码头、栈桥、撑墩拆除(17 处 12 座)及边滩清理 $8.8 \times 10^4 \text{ m}^2$;近岸构筑物清理整治 1 312 m、滨海生态廊道建设 7.9 km、建设海岛生态公园 3 处;湿地植物种植,面积 $2.75 \times 10^4 \text{ m}^2$,种植红树约 10 万株等。间接的能力建设包括全面海湾实时监控系、海湾生态环境管理能力、海湾环境监测能力建设以及生态环境监测与评估等工程,项目实施两年来区域环境空气质量明显改善,空气质量优良率为 93.8%,PM2.5 年平均浓度 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$,总体达到二级标准,全区 4 个市控地表水监测断面的地表水质达标率 100%,集中式饮用水源地监测断面全部达到 II 类水质标准,以有效工作业绩为整体社会效益实现打下坚实基础。

除对舟山蓝色海湾行动社会效益进行测评以外,笔者还依据《海水水质标准》(GB3097—1997)

采用单因子评价法对舟山蓝色海湾行动所覆盖的周边海域生态进行同期监测评价,即将每个站的水质实测浓度与其评价标准进行比较,确定水质类别,最后选择其中最差的水质单项指标所属类别来确定所测海域综合水质类别,结果表明,舟山蓝色海湾行动工程后的水质状况相比工程前有明显好转,氧化还原度(Eh)和有机碳含量分别提高了 18 Mv 和 0.02%,硫化物含量下降 1.63×10^{-6} ;浮游植物的均匀度指数、多样性指数分别提升 0.1521、0.36,大型底栖生物的均匀度指数、多样性指数分别提升 0.423 1、0.033,浮游动物的均匀度指数也有所提升,从另一个维度说明舟山市海域生态环境状况在蓝色海湾行动等重大生态项目实施后得到了有效改善,因此带来的生态、景观、经济及社会效益正在逐渐增加。

3.2 社会效益分值评价及分析

在社会效益 5 个准则层指标测评中,社会民生与休闲娱乐分值较高(分别为 19.14 和 18.32),经济发展与疗养保健其次(分别为 16.53 和 15.01),

表 5 项目社会效益评价指标隶属度

指标	数值	评价标准				
		100	80	60	40	20
区域房地产发展水平 e_{11}	9.72%	1	0	0	0	0
旅游产业经济年增长率 e_{12}	21.9%	1	0	0	0	0
海湾集疏运条件 e_{13}	专家打分取值	3/11	5/11	3/11	0	0
渔业总产值增长率 e_{14}	7.7%	1	0	0	0	0
建城区面积增长率 e_{15}	4.8%	0	1	0	0	0
投资环境改善状况 e_{16}	专家打分取值	1/11	6/11	4/11	0	0
当地居民就业人数年增长率 e_{21}	1.37%	0	1	0	0	0
当地居民生活质量改善状况 e_{22}	居民调查取值	101/547	289/547	137/547	19/547	1/547
当地居民环保意识提高程度 e_{23}	居民调查取值	109/547	281/547	125/547	30/547	2/547
当地基础设施建设改善程度 e_{24}	专家打分取值	2/11	5/11	4/11	0	0
物种多样性 e_{31}	23.83%	0	1	0	0	0
吸引游客量 e_{32}	51.39%	0	1	0	0	0
生态旅游形象改观程度 e_{33}	专家打分取值	2/11	7/11	2/11	0	0
游客游玩满意程度 e_{34}	游客调查取值	97/569	277/569	182/569	13/569	0
主观幸福感提高程度 e_{35}	游客调查取值	107/569	268/569	175/569	18/569	1/569
人均绿化面积 e_{41}	2.8%	0	0	0	0	1
人体舒适度 e_{42}	游客调查取值	178/569	241/569	125/569	24/569	1/569
游客疗养人均最大支付值 e_{43}	游客调查取值	107/569	243/569	197/569	19/569	3/569
游客环保意识的提高程度 e_{51}	游客调查取值	127/569	258/569	176/569	6/569	2/569
与当地文化的协调性 e_{52}	游客调查取值	67/569	285/569	187/569	23/569	7/569
游客主观审美评价 e_{53}	游客调查取值	73/569	256/569	217/569	19/569	4/569
生态文化教育宣传情况 e_{54}	游客调查取值	72/569	313/569	153/569	31/569	0

表 6 项目社会效益分值汇总表

控制层	分值	网络层	分值
		经济发展 C_1	16.53
舟山蓝色海湾		社会民生 C_2	19.14
整治行动项目	83.53	休闲娱乐 C_2	18.32
社会效益评价 C		疗养保健 C_3	15.01
		文化教育 C_4	14.53

文化教育最低 (14.53)。出现这一结果的原因可能在于：一是统计方式的因素，在社会效益评价中，权重指标和隶属度方面有所侧重于社会民生领域，但总体偏离度不大；二是项目规划的因素，蓝色海湾整治行动项目在规划上更多侧重于海洋环境保护和基础设施建设，使得与民生和休闲相关的指标因素如环保意识、基础设施、湾区形象等直观项目有更多资源支撑，也相应得到更多市民和游客的认可。然而，尽管其他领域没有得到更多的资源倾斜，也应及时做好项目的宣传、引导工作，扩大项目影响力；三是实施进程的原因，由于蓝色海湾整治行动项目仍在推行中，一些近岸污染度高的二产

陆续整改、减产或搬迁，水产加工、船舶修造、石油化工等多家环保粗放型企业予以征收搬迁，也使得短期经济效益受到影响。与此同时，与医疗、教育相关的体育公园、大型医院和新引进的中小学校仍在建设中，其效益呈现有所延后，也自然反映在社会效益评价结果中。

3.3 社会效益评价指标体系效度分析

从结果来看，本研究中社会效益评价指标体系的构建具有系统性和对应性，指标体系中 5 个大类共 22 个指标，能客观反映蓝色海湾整治行动实施以来对所在区域的社会民生、休闲娱乐、经济发展、疗养保健和文化教育等多方面的直接或间接效益呈现。通过调查问卷、数据资料和专家意见等多种方式结合，并运用模糊网络耦合工具也更有利于指标间模糊作用关系的数理分析，可有效减低准则层与指标间的模糊性，使评价结果信度更高。当然在研究中也发现，评价过程需针对工程项目本身及实施区域的实际情况，对不同评价指标的界定进行必要的调整和厘清，以尽量减少信息重叠和认知误

差,减少评价结果的偏差度。

综上所述,本文运用 Fuzzy-ANP 模型对舟山蓝色海湾整治行动项目的社会效益进行了客观评价,对存在的问题和不足也予以剖析,有利于项目更好地实施和开展。同时鉴于我国当前缺乏对生态海湾建设及整治修复的评价方法和标准的研究,本研究对效益评价体系、评价模型及评价等级进行构建,形成适用于涉海环境保护工程的效益评估框架体系,有助于丰富和完善海湾海岛综合开发的理论基础,为未来全域海岸线的开发、保护、可持续发展提供可参考的研究路径。

参 考 文 献

- [1] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. *European Journal of Operational Research*, 1978, 2(6): 429-444.
- [2] HENRY E, DEPREZ E, BROCHON J C. Maximum entropy analysis of data simulations and practical aspects of time-resolved fluorescence measurements in the study of molecular interactions[J]. *Journal of Molecular Structure*, 2014, 1077: 77-86.
- [3] LI C, XIAO L, CAO Y, et al. Optimal allocation of multi-type FACTS devices in power systems based on power flow entropy [J]. *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, 2014, 2(2): 173-180.
- [4] MARDANI A, ZAVADSKAS E K, TREIMIKIEN D, et al. A comprehensive review of data envelopment analysis(DEA) approach in energy efficiency[J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2017, 70: 1298-1322.
- [5] ZHOU H, YANG Y, CHEN Y, et al. Data envelopment analysis application in sustainability: The origins, development and future directions[J]. *European Journal of Operational Research*, 2018, 264(1): 1-16.
- [6] WANG C, WU A, LU H, et al. Predicting rockburst tendency based on fuzzy matter-element model [J]. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 2015, 75: 224-232.
- [7] CHEN J, ZHANG F, YANG C, et al. Factor and trend analysis of total-loss marine casualty using a fuzzy matter element method[J]. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2017, 24: 383-390.
- [8] 项雯,徐冀文,刘芳,等.层次分析法在镇江市城市生态环境质量评价中的应用[J]. *中国水运*, 2009, 9(9): 237-239.
- [9] BUCKLEY J J. Fuzzy hierarchical analysis[J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 1985, 17(3): 233-247.
- [10] FENG S, XU L D. Decision support for fuzzy comprehensive evaluation of urban development [J]. *Fuzzy Sets & Systems*, 1999, 105: 1-12.
- [11] 陈红光,王秋丹,李晨洋,等.基于 Fuzzy-ANP 的三江平原湿地社会效益评价[J]. *环境工程*, 2014, 32(11): 146-150.
- [12] SAATY T L, VARGAS L G. Estimating technological coefficients by the analytic hierarchy process[J]. *Socio-Economic Planning Sciences*, 1979, 13(6): 333-336.
- [13] SAATY T L. *The Analytic Hierarchy Process*[M]. New York: McGraw-Hill, 1980, 47-48.
- [14] KHOSHI A, GOOSHKI H S, MAHMOUDI N. The data on the effective qualifications of teachers in medical sciences: An application of combined fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods[J]. *Data in Brief*, 2018, 21: 2689-2693.
- [15] CHEN J, HSIEH H, DO Q H. Ho-Nien Hsieh. Evaluating teaching performance based on fuzzy AHP and comprehensive evaluation approach[J]. *Applied Soft Computing*, 2015, 28: 100-108.

(本文编辑:王少朋)